

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Aleksandar Mihajlović

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Aleksandar Mihajlović

Zagreb, 2014.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svojoj obitelji na pomoći i povjerenju prilikom pisanja ovog rada.

Također želio bi se zahvaliti svim zaposlenicima tvrtke Lukar d.o.o. s kojima sam radio na praktičnom dijelu rada.

Posebno želio bi se zahvaliti svom mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću koji mi je svojim znanjem i savjetima pomogao pri pisanju ovog rada.

Aleksandar Mihajlović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **ALEKSANDAR MIHAJLOVIĆ**

Mat. br.: 0035174546

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

PRIMJENA ALATA VITKOG MENADŽMENTA

Naslov rada na
engleskom jeziku:

APPLYING LEAN MANAGEMENT TOOLS

Opis zadatka:

Učinkovitost proizvodnih i poslovnih procesa nekog poduzeća može se značajno poboljšati primjenom alata vitkog menadžmenta. Navedeni koncept je proizašao iz Toyotinog proizvodnog sustava i prilagođen je uvjetima rada na zapadu. Posebnu efikasnost pokazao je kod upravljanja resursima koji se koriste u procesima.

U radu je potrebno:

1. Opisati procesni pristup poduzeću s posebnim naglaskom na resurse poduzeća.
2. Detaljno opisati najvažnije alate vitkog menadžmenta.
3. Na proizvoljno odabranom poduzeću primijeniti najmanje dva alata vitkog menadžmenta.
4. Procijeniti postignute uštede.
5. Standardizirati predloške za implementaciju odabranih alata.

Zadatak zadan:

11.studenog 2013.

Rok predaje rada:

1. rok: 21. veljače 2014.
2. rok: 12. rujna 2014.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 3. - 5. ožujka 2014.
2. rok: 22. - 24. rujna 2014.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zoran Kunica

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. PROCESNI PRISTUP PROIZVODNJI	2
2.1 DEFINICIJA PROCESA	2
2.2 PROCESNI PRISTUP KOD PROIZVODNJE	4
2.3 RAZVOJNE FAZE PROCESNOG PRISTUPA [2]	6
2.3.1 Sustavan pristup organizaciji	6
2.3.2 Porterov koncept lanca vrijednosti	6
2.3.3 Potpuno upravljanje kvalitetom	7
2.3.4 Reinženjering poslovnih procesa	7
2.3.5 Filozofija šest sigma	8
2.4 OBILJEŽJA PROCESNOG PRISTUPA [2]	8
3. TRADICIONALNI PRISTUP U PROIZVODNJI	10
4. LEAN PROIZVODNJA	14
4.1 LEAN PRINCIPCI	17
5. LEAN ALATI	20
5.1 Just-in-Time [8]	20
5.2 Kanban	20
5.3 SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED)[10]	21
5.3.1 Prije početka	21
5.3.2 Prepoznavanje početnog područja primjene	22
5.3.3 Prepoznavanje elemenata	22
5.3.4 Izdvajanje vanjskih elemenata	23
5.3.5 Pretvaranje unutarnjih(internih) u vanjske(eksterne) elemente	23
5.3.6 Pojednostavljivanje ostalih elemenata	24
5.4 FAILURE MODE EFFECTS ANALYSIS (FMEA) [11]	25
5.5 5S [12]	29
5.6 KAIZEN [13]	31
5.7 ANDON	32

5.8	POKA-YOKE.....	33
5.9	VSM-Mapiranje toka vrijednosti [17].....	34
6.	PRIMJENA LEAN ALATA.....	36
6.1	Općenito o poduzeću „Lukar“.....	36
6.2	Način odvijanja procesa proizvodnje	37
6.3	Primjena alata FMEA.....	41
6.4	Primjena SMED analize	46
6.5	Prijedlog poboljšanja.....	49
7.	ZAKLJUČAK.....	50
	LITERATURA.....	51

POPIS SLIKA:

SLIKA 1. PRIKAZ PROCESA.....	2
SLIKA 2. PORTEROV LANAC VRIJEDNOSTI[2]	6
SLIKA 3.7 TIPOVA GUBITAKA[5]	17
SLIKA 4.5 OSNOVNIHPRINCIPA LEAN RAZMIŠLJANJA [6]	18
SLIKA 5. GRAFIČKI PRIKAZ 5S METODE [18]	29
SLIKA 6. KRUGOVI KVALITETE[13]	32
SLIKA 7. ANDON VIZUALNI SUSTAV ZA PRAĆENJE LINIJE [15]	32
SLIKA 8. PRIMJER ALATA POKA-YOKE[20]	33
SLIKA 9. PRIKAZ OSNOVNIH SIMBOLA MAPIRANJA TOKA[17]	34
SLIKA 10. PRIKAZ STROJA ZA IZRADU PAPIRNATIH VREĆICA	36
SLIKA 11. RASPODJELA AKTIVNOSTI PREMA VREMENU UNUTAR PROCESA.....	38
SLIKA 12. DIJAGRAM TOKA PROCESA	39

POPIS TABLICA:

TABLICA 1. SLIČNOSTI I RAZLIKE IZMEĐU FUNKCIJSKE I PROCESNE ORGANIZACIJSKE STRUKTURE [2].....	11
TABLICA 2. PRIMJER SMED FORME[18].....	25
TABLICA 3. FMEA FORMA[11].....	29
TABLICA 4. RASPODJELA VREMENA UNUTAR AKTIVNOSTI.....	37
TABLICA 5. RASPORED AKTIVNOSTI U PROCESU.....	40
TABLICA 6. ZNAČENJE PARAMETRA OZBILJNOSTI (S).....	41
TABLICA 7. ZNAČENJE PARAMETRA UČESTALOSTI (O)	41
TABLICA 8. ZNAČENJE PARAMETRA UOČAVANJA(D).....	42
TABLICA 9. FMEA FORMA	43
TABLICA 10. VRIJEME SANACIJE GREŠKE I UTROŠAK MATERIJALA	44
TABLICA 11. SMED FORMA	47
TABLICA 12. USPOREDBA TRENUTNOG I PREDLOŽENOG STANJA	49

1. UVOD

Svjetsko tržište u modernom svijetu značajno se promijenilo i mijenja se iz dana u dan. U takvom dinamičnom okruženju velik broj poduzeća teško se nose s promjenama koje su uslijedile s obzirom na dosadašnji tradicionalni statični pristup poslovanju. Konkurencija i globalizacija uvjetuju pronalaženju novih i produktivnijih metoda u poslovanju. Kvaliteta proizvoda, fleksibilnost, brz odaziv na narudžbu te minimalni utrošak resursa u proizvod ono su čemu sve organizacije streme. Usavršavanjem novih tehnologija i novim metodama poslovanja tvrtke pokušavaju zadržati postojeće potrošače i stvoriti nove.

U novom, procesnom, pristupu proizvodnji javlja se jedna od mogućnosti poboljšanja, a to je Lean pristup proizvodnji. Lean pristup proizvodnji je inačica japanskoga proizvodnog pristupa nastaloga u tvrtci Toyota pod imenom TPS odnosno Toyota Production System koji ističe potrebu za kontinuiranim poboljšavanjem trenutno implementiranoga sustava. Među inozemnim tvrtkama koje su implementirale Lean pristup mogu se naći General Electric, Xerox, Samsung, Cisco i mnoge druge, a u Hrvatskoj ističu se KONČAR Energetski transformatori i Dalekovod.

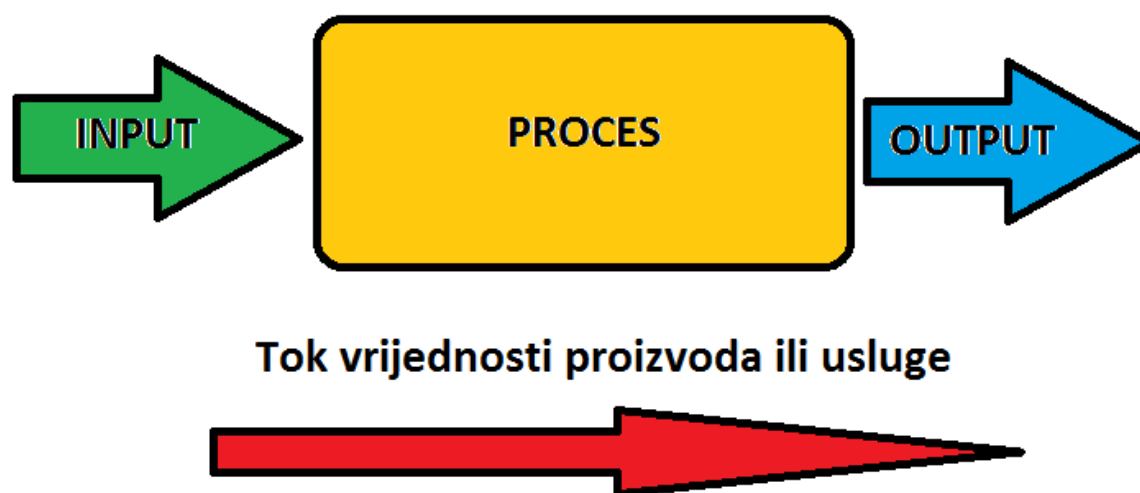
Osnova Lean filozofije svodi se na eliminaciju gubitaka, uključivanje što većega broja radnika u proces proizvodnje, sagledavanje cjelokupne proizvodnje kao jedan proces u kojem sudjeluju svi u organizaciji zajedno, skraćivanju potrebnih vremena za izradu sve uz minimalan broj grešaka u radu. Kod Lean pristupa sve ono što izravno ne utječe na vrijednost proizvoda smatra se gubitkom te se pokušava minimalizirati.

Ovaj je rad podijeljen u tri dijela, od kojih prvi opisuje općenito procesni pristup organizaciji, drugi detaljnije opisuje Lean pristup te alate koji se koriste u svrhu unapređenja i treći, odnosno praktični dio rada gdje su neki od Lean alata primijenjeni u poduzeću Lukar d.o.o. te će se u njemu prikazati potencijal primjene Lean pristupa na malim poduzećima.

2. PROCESNI PRISTUP PROIZVODNJI

2.1 DEFINICIJA PROCESA

Riječ proces dolazi od latinske riječi processus koja znači napredovati. Proces je skup svih aktivnosti koje se vrše na nekom ulaznom resursu(input), bilo materijalnom ili nematerijalom, kako bi njegovom pretvorbom dobili odgovarajući izlaz(output) odnosno gotovi proizvod ili uslugu. Osnovni cilj svakoga procesa je promatranom objektu kroz aktivnosti povećati vrijednost. Ono što se podrazumijeva u ovom radu pod pojmom proces je pojam poslovnog procesa.



Slika 1. Prikaz procesa

Međutim, jedinstvena definicija poslovnoga procesa ne postoji i ovisi o kontekstu u kojem se koristi. Prema Harringtonu (1991.), Martinu (1994.) i Davenportu (1993.) poslovni proces je niz logički povezanih aktivnosti koje koriste resurse poduzeća, a čiji je krajnji cilj zadovoljavanje potreba kupaca za proizvodima ili uslugama odgovarajuće kvalitete i cijene, u adekvatnom vremenskom roku, uz istovremeno ostvarivanje neke vrijednosti. [1]

Kako ne bi došlo do zabune kod uočavanja razlike poslovnoga procesa i projekta, koji se nekad vežu kao jednak ili sličan pojam, bitno je znati osnovnu razliku projekta i poslovnoga procesa, a to je vremenska komponenta i output. Kod projekta vremenska komponenta je ograničena, odnosno projekt ima svoj početak i kraj te projekt proizvodi jedinstveni output

koji se tražio u vremenu. Proces za razliku od toga je neprekidan, on se ponavlja kroz vrijeme, a proizvodi isti output svaki put kada se pokrene taj proces. [2]

Postoje osnovna obilježja koja ima svaki proces, a to su:

- Svaki proces ima svrhu
- Svaki proces ima vlasnika
- Svaki proces ima početak i završetak
- U proces ulaze inputi, a izlaze outputi
- Proces je sastavljen od sekvencijski izvedivih aktivnosti
- Na temelju ulaza i izlaza procesa lako se uzvrđuje uspješnost procesa
- Da bi proces opstao treba imati poznate unutarnje i vanjske dobavljače, potrošače
- Unapređenje procesa je neizbježno[2]

Kako bi proces bio uspješan on treba zadovoljavati sljedeće uvjete:

- Proces treba biti usmjeren na potrošače
- Outputi procesa trebaju stalno pružati dodanu vrijednost
- Proces treba imati sposobnoga vlasnika procesa
- Proces je razumljiv svima i u odlučivanje su uključeni svi oni koji sudjeluju u procesu
- Postavljene su mjere uspješnosti i učinkovitosti procesa
- Nužno je neprekidno unapređivanje procesa[2]

2.2 PROCESNI PRISTUP KOD PROIZVODNJE

Procesni pristup možemo nazvati onaj pristup koji opisuje organizaciju i sve njene elemente kroz njezine procese i radne tokove.

Da bi se proces odvijao, potrebno je da, osim objekta na kojem se proces zbiva, postoji:[3]

- Sustav u kojem se proces zbiva
- Energija s pomoću koje će se obaviti rad
- Informacije s pomoću kojih će proces biti vođen(upravljan) željenom rezultatu

U jednom proizvodnom sustavu istodobno se zbiva niz pojedinačnih procesa (jednakih ili različitih), ovisno o tome koliko se proizvoda (ili dijelova proizvoda) istodobno izrađuje. Da bi se dobio uvid u strukturu procesa u sustavu, potrebno je dobiti predodžbu o učestalosti pojedinih događaja na pojedinim dijelovima proizvodnoga sustava.[3]

Promatranjem organizacije na temelju njezinih poslovnih procesa dobiva se vjerodostojna slika poslovanja. Procesni pristup naglašava veze između aktivnosti, čime menadžerski posao postaje racionalniji i jasniji. Kao sinonim procesne organizacije vrlo se često spominje horizontalna organizacija, nazvana tako zbog horizontalnoga pristupa koji karakterizira procesnu organizaciju. [2]

Vertikalni pristup promatra organizaciju kroz hijerarhiju funkcija, a horizontalni promatra organizaciju kao sustav te je jedini temelj za razumijevanje poslovnih aktivnosti jer se lakše mogu uočiti poslovni procesi, odnosno način obavljanja posla.[2]

Postoje tri perspektive iz koje se može promatrati procesni pristup proizvodnji:[2]

Strateška perspektiva - Usredotočena je na strateške procese pri kojima se resursi iskorištavaju kako bi se zadovoljile potrebe potrošača. Perspektiva je sveobuhvatna zato što su uključeni i dobavljači, odnosno potrebe potrošača i tržišnih segmenata koji se nastoje strateški uskladiti s mogućnostima i tehnološkim rješenjima poduzeća.

Organizacijska perspektiva - Usredotočuje se na ključne, odnosno kritične poslovne procese poduzeća. Naglasak je na razvoju tih poslovnih procesa s već utvrđenim segmentima potrošača, dobavljača i proizvođača/usluga.

Operativna perspektiva - Bavi se operativnim procesima s točno određenim inputima i outputima, pri čemu je poznat samo proces i njegovi outputi (proizvodi ili usluge) odnosno potrošači.

Procesni pristup posebno je koristan ako su poslovni procesi utvrđeni na strateškoj razini iz perspektive potrošača.

2.3 RAZVOJNE FAZE PROCESNOG PRISTUPA [2]

2.3.1 Sustavan pristup organizaciji

Sustavna perspektiva podrazumijeva mišljenje da je sve povezano sa svime i da je često korisno poduzeća i poslovne procese oblikovati na temelju odvijanja posla i pružanja povratnih informacija. Sustavno razmišljanje ističe veze, odnose i protok aktivnosti.

Ono ističe kako je svaki zaposlenik, organizacijska jedinica ili aktivnost dio većeg entiteta i kako ti entiteti zajedničkim djelovanjem sami sebe opravdavaju rezultatima.

Procesno razmišljanje zapravo je podskup sustavnoga razmišljanja. U sustavnom razmišljanju naglasak je na razumijevanju organizacije kao cjeline, a procesno se razmišljanje usredotočuje na dio sustava koji proizvodi specifične rezultate. Najvažnije je razmišljati o poslovnom procesu kao o cjelini, odnosno treba shvatiti kako se specifični proces uklapa u veći proces, a u konačnici lanac vrijednosti.

2.3.2 Porterov koncept lanca vrijednosti

Michael Porter smatra se osobom koja je usmjerila pozornost na poslovne procese. On je iznio koncept poduzeća kao lanca vrijednosti – sveobuhvatnoga skupa aktivnosti koje su potrebne za oblikovanje, promicanje i pružanje podrške proizvodnoj liniji. Porter naglašava potrebu za upravljanjem procesima te praćenja i mjerenja ostvarenja postavljenih ciljeva na svim razinama, procesa, potprocesa, aktivnosti i radnih zadataka.



Slika 2. Porterov lanac vrijednosti[2]

Pristup lanca vrijednosti najviša je razina promatranja poslovne aktivnosti unutar organizacije, odnosno između organizacija. Za razliku od njega, procesni pristup usmjeren je prije svega na optimizaciju aktivnosti unutar organizacije.

2.3.3 Potpuno upravljanje kvalitetom

Potpuno upravljanje kvalitetom, *Total Quality Management(TQM)*, je pristup poboljšanja učinkovitosti i fleksibilnosti poduzeća kao cjeline u svrhu davanja što kvalitetnije usluge, bilo materijalne ili nematerijalne. Radi se o načinu organiziranja i uključivanja cijele organizacije, svakoga odjela, aktivnosti i pojedinca na svim razinama aktivnosti uz poboljšanje kvalitete. Potpunim upravljanjem kvalitetom nastoji se uz minimalne troškove zadovoljiti potrebe i očekivanja potrošača, i to kontinuiranim unapređivanjem.

Temeljem potpunoga upravljanja kvalitetom smatra se potrošač odnosno njemu se pridaje najveća pozornost pritom ne zaboravljajući da krajnji korisnik nije jedini potrošač. Svaki korak, svaka faza procesa proizvodnje smatra se potrošačem, ali internim. Cilj je *TQM*-a ostvariti visoku razinu interne kontrole.

Može se reći da su osnovna načela *TQM*-a kontinuirano unapređivanje poslovnih procesa, znanje o procesima, usmjerenost na potrošače, predanost, primjena „odozdo prema gore“, potpuna uključenost, timski rad i ulaganje u ljude.

2.3.4 Reinženjering poslovnih procesa

Pod pojmom reinženjeringa poslovnih procesa, *Business Process Reengineering(BPR)*, podrazumijeva se promišljanje i temeljito redizajniranje poslovnih procesa sve u svrhu postizanja manjih troškova, veće kvalitete, bolje usluge i brzine. Reinženjering poslovnih procesa koristi se raznim alatima i tehnikama te je međufunkcijske prirode, posebice na makroorganizacijskoj razini.

Bitno je istaknuti kako je reinženjering poslovnih procesa organiziran samo na projektnoj osnovi, odnosno nije cjelokupan i jedinstven način upravljanja organizacijom.

2.3.5 Filozofija šest sigma

Šest sigma može se definirati kao program unapređivanja kojemu je svrha smanjenje varijabilnosti i isključenje gotovo svih nedostataka proizvoda, procesa ili transakcije. U širem smislu, program šest sigma može se opisati kao strateška inicijativa kompanije za unapređenje procesa s ciljem smanjivanja troškova i povećanja prihoda, odnosno procesna učinkovitost.

Sam pojam šest sigma (6 σ) temelji se na statističkoj mjeri koja označuje 3,4 pogreške, odnosno nedostataka na milijun prilika. Krajnji je cilj svih organizacija koje primjenjuju šest sigma za sve svoje kritične poslovne procese dovesti na razinu djelovanja 6 σ , neovisno o funkcijskom području.

U samoj srži filozofije šest sigma nalaze se sljedeća polazišta:

- Svaka aktivnost ili zadatak mogu se shvatiti kao proces ili dio procesa
- Svaki proces može se procijeniti prema prosječnoj uspješnosti i varijaciji
- Procesi su optimalni kada su rezultati procesa na očekivanoj razini, uz minimalnu varijaciju

Drugim riječima, ta se filozofija temelji na načelima poslovnih procesa, a primjenjuje se ponajprije na razini aktivnosti i potprocesa.

2.4 OBILJEŽJA PROCESNOG PRISTUPA [2]

Pri utvrđivanju glavnih obilježja procesnog pristupa, odnosno procesne orijentacije, posebno je važno istaknuti horizontalnu (lateralnu) komunikaciju kao jednu od njezinih najvažnijih obilježja. Naime, nedostatak komunikacije među odjelima često može biti jedna od najvećih zapreka provedbi djelotvornih promjena. Lateralnom komunikacijom prevladavaju se te zapreke među odjelima i zaposlenicima omogućuje da koordinacijom lakše ostvare organizacijske ciljeve.

Uz komunikaciju na horizontalnoj je razini ključno obilježje procesno orijentirane organizacije nova uloga vlasnika procesa. Time se osigurava da funkcijske jedinice budu potpuno usklađene i sposobne odgovoriti novim potrebama poslovnih procesa koje podupiru.

P. E. D. Love i A. Gunasekaran osmislili su deset načela koja se smatraju najbitnijim kod horizontalne organizacije:

- Organiziranje oko poslovnih procesa, ne oko radnih zadataka
- Snižavanje hijerarhije smanjivanjem dijelova radnoga toka i broja aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost
- Davanja ovlasti za procese i procesne mjerne pokazatelje
- Povezivanje ciljeva uspješnosti sa zadovoljstvom potrošača
- Postavljanje timova, a ne pojedinaca, kao temelja uspješnosti poslovanja i organizacijskog dizajna
- Što češće kombiniranje menadžerskih i nemenadžerskih aktivnosti
- Shvaćanje višestrukih kompetencija kao pravila, a ne iznimke
- Informiranje i treniranje zaposlenika na načelu „točno na vrijeme“ (*Just-in-time*), a ne na načelu kako nešto „trebaju znati“
- Optimiziranje i poboljšanje kontakta s potrošačima i dobavljačima
- Nagrađivanje individualnih vještina i timskih postignuća, a ne samo individualnoga postignuća

Iako je samo F. Ostroff istaknuo važnost informacijskih sustava i njihove uloge u procesnoj orijentaciji, ne smije se zanemariti njihova uloga jer oni omogućuju lakšu, jednostavniju i bržu prilagodbu na poslovne procese. Informacijska tehnologija jedan je od glavnih čimbenika koji omogućava odvijanje poslovnih procesa preko funkcijskih i organizacijskih granica odnosno postojanje procesno orijentirane organizacije.

3. TRADICIONALNI PRISTUP U PROIZVODNJI

Glavna razlika između tradicionalnoga i procesnoga pristupa organizaciji je hijerarhijska raspodjela. Kod procesnoga pristupa koristi se horizontalni pristup organizaciji dok kod tradicionalnoga vertikalni.

Većina današnjih organizacija ima funkcijsku organizacijsku strukturu, koja se temelji na načelima kontrole i specijalizacije. Opisi poslova, putanje karijere i protok informacija u funkcijskom organizacijskom rješenju usmjereni su na kontrolu posla, zaposlenika i znanja, što nije u skladu s filozofijom 21. stoljeća u kojoj se poslovna aktivnost usmjerava od nadređenih prema potrošačima. Nova filozofija zahtjeva i nova organizacijska rješenja. Jedno je od rješenja procesna orijentacija, pri čemu su menadžeri odgovorni za poslovne procese kritične elemente u ostvarivanju zadovoljstva potrošača. [2]

Upravljanje međufunkcijskim procesima s pomoću tradicionalnoga zapovjednog lanca nije dostatno, točnije, ono jedva postoji. Vertikalno postavljeni ciljevi, pri čemu se prepoznaju horizontalne međuzavisnosti poslovnih procesa, potiču suboptimizaciju. Kao posljedica toga, u funkcijskoj organizacijskoj strukturi često su neke organizacijske jedinice vrlo uspješne unatoč tome što cjelokupni sustav, odnosno organizacija podbacuje i pada. Iako je većina postojećih organizacija ustrojena na temelju funkcijske organizacijske strukture, danas je nužan, i sve više prisutan, pomak prema plićim, više horizontalno orijentiranim strukturama. Samo mali broj uspješnih kompanija može zadržati strogu funkcijsku strukturu, jer u mnogim slučajevima tradicionalno strukturirana poduzeća ne zadovoljavaju moderne poslovne zahtjeve. [2]

Kako u zapovjednom tako i u vrijednosnom lancu postoji razlika između tradicionalnoga i procesno orijentiranoga pristupa organizaciji. U tradicionalnom pristupu nalazi se strogi zapovjedni lanac, odluke dolaze vertikalno kroz hijerarhiju s više prema nižoj razini te se vrijednošću smatra materijalna vrijednost proizvoda. Za razliku, procesni pristup ima kao što je već rečeno horizontalnu hijerarhiju te su donešene odluke u užem doticaju s procesom na kojega se odnose, dok vrijednost proizvoda nije usmjerena samo aktivnostima koje se tiču proizvoda već onima kojima se stvara vrijednost za potrošača.

Potrebno je još istaknuti razliku između poslovne funkcije i poslovnoga procesa. Poslovni proces je niz operacija za stvaranje potrošaču korisnog outputa, on ne stvara samo identificirajući output, već i output koji predstavlja vrijednost za potrošača. Poslovna funkcija grupira operacije s outputom, koji se obično ne može identificirati i koji ima malo izravne

vrijednosti za potrošača. Poslovne funkcije su linije odgovornosti u poduzeću. Treba naglasiti da funkcije postoje i u procesno orijentiranoj organizaciji, ali njihova svrha je drugačija, njima se nastoje zadovoljiti potrebe poslovnih procesa kojima se stvara vrijednost. [2]

Slijedi sveobuhvatan prikaz sličnosti i razlika između funkcijski i procesno orijentirane organizacijske strukture:

Tablica 1. Sličnosti i razlike između funkcijske i procesne organizacijske strukture [2]

Kategorija	Funkcijska organizacijska struktura	Procesna organizacijska struktura
ORGANIZACIJSKO TEŽIŠTE		
Glavno težište	Poslovne funkcije	Poslovni procesi
Usklađenost s organizacijskim ciljevima i misijom	Nerazumijevanje misije i ciljeva organizacije	Usredotočenost na misiju i na organizacijske ciljeve
Proizvod	Jednostavan, standardan proizvod	Fleksibilan proizvod prilagodljiv potrošaču
Usredotočenost na zaposlenike	Zaposlenici funkcijski usmjereni na zadovoljavanje nadređenih	Zaposlenici procesno orijentirani na zadovoljavanje potreba potrošača
STRUKTURNI ELEMENTI		
Osnovne organizacijske jedinice	Poslovne funkcije	Procesni timovi
Radni zadatci, poslovi	Radni zadatci i poslovi usko su definirani	Radni zadatci i poslovi širokoga su opsega i fleksibilni
Način upravljanja	Centralizacija	Decentralizacija
Ključna osoba	Direktor odjela(poslovne funkcije)	Vlasnik procesa
Dubina organizacije	Visoka(hijerarhijska)	Plitka
Vrsta strukture	Mehanicistička/birokratska	Organska
OPERATIVNI PROCESI		

Radni tokovi	Isprekidani	Pojednostavljeni/povezani
(sub)optimizacija	Suboptimizacija operacija zbog optimizacije pojedinih funkcija	Optimizacija procesa iako uvjetuje suboptimizaciju pojedinih funkcija
Tehnologija	Specifična	Fleksibilna
Utvrđivanje odgovornosti	Subjekt pogreške	Uzrok pogreške
Svrha kontrole	Ispravljanje pogrešaka	Smanjenje varijacije
Mjerenje uspješnosti	Rezultati	Rezultati i procesi
Provođenje kontrole	Naknadna kontrola(korektivna)	Preventivna kontrola
Raspodjela resursa	Konkurencija	Zajednički resursi
ZAPOSLENICI		
Vještine zaposlenika	Individualna i funkcijska specijalizacija	Povezivanje vještina(široke kompetencije)
Sustav nagrađivanja	Na temelju funkcijskoga doprinosa	Na temelju organizacijskog doprinosa
Leksibilnost	Nema fleksibilnosti	Fleksibilnost pri promjeni
Način ponašanja prema zaposlenicima	Upravljanje zaposlenicima	Razvijanje zaposlenika
Odgovornost	Uska	Široka
KOMUNIKACIJA/ KOORDINACIJA		
Smjer	Vertikalna	Horizontalna
Protočnost	Zapreke između odjela	Organizacija bez granica
Najčešći oblik komunikacije	Nadređeni/podređeni	Dobavljač/potrošač
Koordinacija funkcija	Funkcije ne surađuju	Međufunkcijska suradnja
Brzina	Spor protok informacija	Brz protok onformacija
Razumjevanje posla	Razumijevanje posla samo svoje organizacijske jedinice	Razumijevanje povezanosti s ostalim organizacijskim jedinicama
Raspodjela informacija	Međufunkcijske jedinice	Informacije od

	nemaju redovito potrebne informacije	zajedničkoga interesa rutinski se proslijeđuju međufunkcijskim jedinicama
ORGANIZACIJSKA KULTURA		
Promjene	Održavanje <i>statusa quo</i>	Sklonost promjeni
Način razmišljanja	Kratkoročno razmišljanje	Dugoročno razmišljanje – pružanje potpore
Vrsta kulture	Individualistička kultura	Timski rad

4. LEAN PROIZVODNJA

„Sve što radimo je to da promatramo vremenski pravac od trenutka kada kupac naruči narudžbu sve do trenutka kad izvrši uplatu, usput eliminirajući sva otpadna vremena.“

– Taiichi Ohno

Lean ili vitka proizvodnja je zapravo proizvodna filozofija nastala na temelju japanskoga pristupa proizvodnji. Smatra se da su tvorci lean pristupa Taiichi Ohno i Eiji Toyoda, koji su radili u tvrtci Toyota iz koje i proizlazi *Toyota Production System (TPS)* odnosno preteča današnjeg lean pristupa proizvodnji. Kako bi shvatili osnovnu ideju lean filozofije potrebno je staviti temu u vremensko-prostorni kontekst, s obzirom da TPS i je zapravo sociotehnički sustav. Lean je nastao u Japanu u rasponu od 1948. do 1975. godine, odnosno u kriznom postratnom razdoblju za tu zemlju. U takvom okružju postojeća proizvodna infrastruktura nije se mogla nositi s potrebama vlastitoga, a ni vanjskoga tržišta. Taiichi Ohno, koji je tada bio inženjer u Toyoti, uočio je potrebu za novim pristupom, odnosno takvim pristupom koji elimira sve moguće gubitke, ubrzava proizvodnju osiguravajući pritom kvalitetu proizvoda i osigurava raznolikost asortimana. Lean filozofija stvorena je kao odgovor na zapadnjačku masovnu proizvodnju. Lean zapravo osigurava zadovoljstvo kupaca uz što manje utrošenoga rada, sirovina i vremena.

Sam pojam Lean prvi put spominje se u knjizi *The Machine That Changed the World* Jamesa Womacka i Daniela Jonesa te je lean zapravo zapadnjačka verzija TPS-a. Koncipirati poduzeće na Lean principima nije lagan posao. Svaka promjena takvih razmjera u nekom poduzeću nije lako izvediva, ona mora biti izvedena na svim razinama tvrtke, od menadžmenta do radnika. Lean zahtjeva kontinuirano poboljšavanje, kako proizvoda ili usluge tako i samih radnika te procesa.

Lean se koristi različitim alatima poput SMED, 5S, Just-in-Time, Poka Yoke itd. koji će biti objašnjeni dalje u radu, ali osnova svih alata i je lean filozofija, odnosno racionalizacija vremena, eliminacija gubitaka, fleksibilnost u proizvodnji i zadovoljstvo kupaca odnosno održavanje potrebne kvalitete.

Lean pristup proizvodnji zapravo osigurava da potrebni procesi odnosno aktivnosti budu implementirane u potrebno vrijeme. To znači da se aktivnosti zapravo procesi koji se odvijaju prate u vremenu te se prikupljenim podacima utvrđuje potrebnost i vrijednost aktivnosti ustvari procesa. Kod lean-a nalazimo tri vrste aktivnosti:

- *Value-added activities* su one aktivnosti koje pridaju vrijednost proizvodu ili usluzi i očito su neophodne za sami rad. Ove aktivnosti predstavljaju rad odnosno sami proces, transformaciju inputa u output veće vrijednosti.
- *Non-value-added activities* su one aktivnosti koje ne pridaju vrijednost proizvodu ili usluzi, ali su neophodne u procesu. To može biti kontrola kvalitete i dostava proizvoda.
- *Waste activities* su takve aktivnosti koje predstavljaju gubitke. One su nepotrebne za proizvod ili uslugu i njih se pokušava eliminirati iz procesa.

Kod TPS-a nalazimo tri osnovne vrste rasipanja vrijednosti, a one su: [4]

- Bezrazložnost(jap. **Muri**)–predstavlja nepotreban dodatni rad za zaposlenike i beskorisno preopterećene procese. Razlog su neutvrđene aktivnosti radnika i procesa te se može riješiti standardizacijom.
- Nejednakost(jap. **Mura**) – predstavlja neravnotežu između ponude i potražnje. Može nastati gomilanjem zaliha u skladištu i na taj način proizvodi mrtvi kapital. Neuravnoteženost ukazuje na loš menadžment.
- Otpad(jap. **Muda**) – predstavlja već spomenute aktivnosti koje ne doprinose vrijednosti proizvoda već samo gubitke.

Taiichi Ohno prepoznao je u okviru zadnje navedenog rasipanja(*Muda*) sedam vrsta gubitaka koje je potrebno eliminirati:

1. Bespotreban transport – svaki transport zapravo predstavlja vrijeme koje ne pridaje vrijednost proizvodu, ali ako transport nije racionaliziran onda je izravan gubitak. Takav gubitak nastaje uslijed loše komunikacije ili nesklada između operacija i skladišta. Također svakim transportom proizvoda, bilo u skladištu ili izvan njega, riskiramo štetu na proizvodu.

2. Gomilanje zaliha –vezan je uz skladište. Svaki proizvod koji se proizvede, a nije prodan već samo stoji u skladištu predstavlja trošak. Gomilanje zaliha je dio masovne proizvodnje, ali ne i lean proizvodnje.
3. Prekomjerna proizvodnja – nastaje kada se proizvodi takav kapacitet proizvoda koji je prevelik za potrebu tržišta. Nastaje zbog lošega planiranja proizvodnje ili procjene tržišta. Prekomjerna proizvodnja izaziva već navedeni gubitak gomilanja zaliha.
4. Prekomjerna obrada – u kontrastu je s temeljnim pristupima lean filozofije. Prekomjernom obradom produžuje se vrijeme ciklusa proizvodnje, odnosno strojevi rade izvan potrebnoga vremena te na taj način stvaraju dodatni trošak. Može nastati kod predimenzioniranoga proizvoda, krive opreme ili lošega rasporeda proizvodnih vremena.
5. Nepotrebni pokreti – nepotrebno kretanje materijala između operacija ili skladišta. Ukazuje na loš prostorni razmještaj tvornice.
6. Čekanje – javlja se između različitih radnih lokacija, radnika ili strojeva. Predstavlja neujednačenost procesa odnosno loš raspored vremena među operacijama odnosno nedostatak u toku materijala.
7. Škart – roba koja nema potrebnu kvalitetu ili sadrži defekte. Može nastati zbog lošega pristupa održavanju, loših ili dotrajalih alata, ali i zbog loše komunikacije unutar proizvodnje.



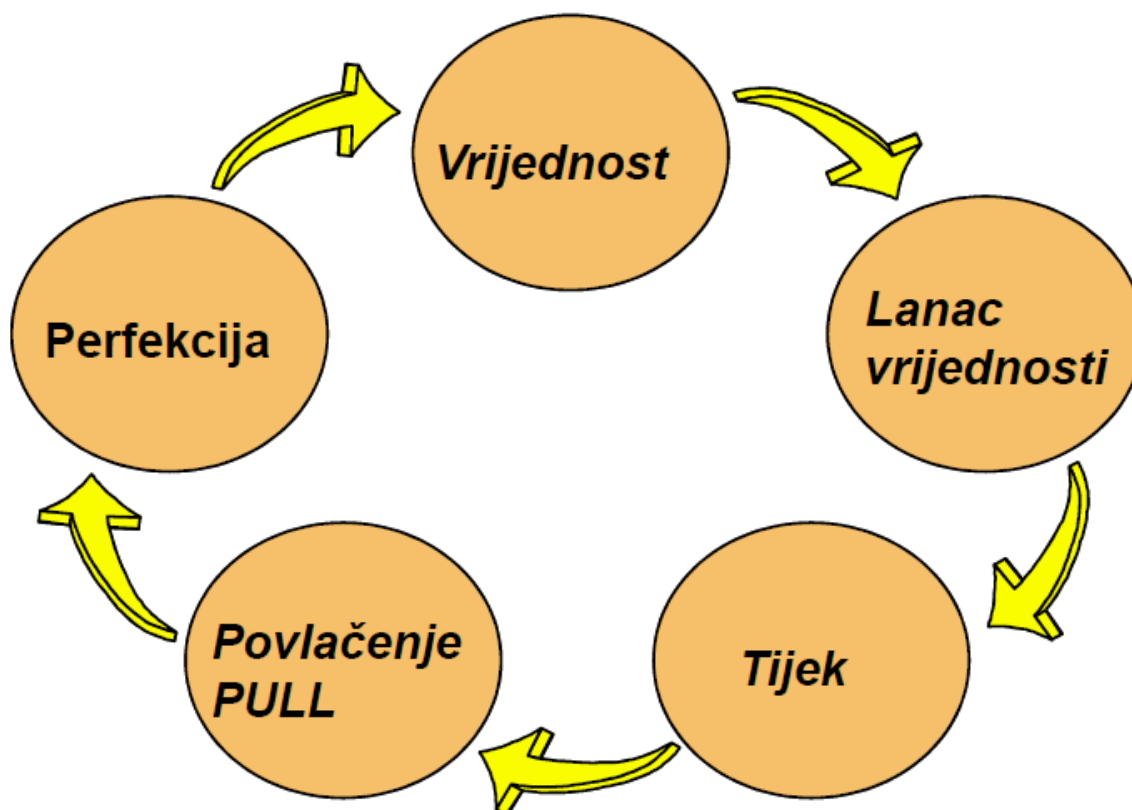
Slika 3.7 tipova gubitaka[5]

4.1 LEAN PRINCIPII

Eliminacija nepotrebnih procesa, udovoljavanje kupcu, osiguravanje kvalitete i vremenska ujednačenost osnovni su principi lean proizvodnje. Imati dobar proizvod u točno vrijeme na dobrom mjestu ono je što lean filozofija ističe. U tome joj pomažu brojni alati osmišljeni na osnovu te filozofije. Lean ističe potrebu za promatranjem procesa, dokumentiranjem i racionaliziranjem odnosno prilagođavanjem tih procesa u organizacijsku jedinicu koja je maksimalno fleksibilna i efikasna.

Postoje pet osnovnih načela lean pristupa proizvodnji koji su postavljeni u knjizi *Lean Thinking* J. Womacka i D. Jonesa. Pet osnovnih načela lean filozofije su:

- Vrijednost
- Lanac vrijednosti
- Tijek
- Povlačenje
- Perfekcija



Slika 4.5 osnovnih principa Lean razmišljanja [6]

1. Vrijednost – početna točka u lean razmišljanju je to da samo mali komad sveukupno potrošenoga vremena i rada u bilo kojoj organizaciji uistinu stvara vrijednost krajnjem potrošaču. Ako se vrijednost određenoga proizvoda ili usluge jasno naglasi, sve ostale aktivnosti koje ne pridonose vrijednosti mogu biti ciljane na eliminaciju.
2. Lanac vrijednosti –predstavlja ukupni skup aktivnosti kroz sve razine organizacije uključene u dostavljanje proizvoda ili usluge. Ovo predstavlja cjeloviti proces koji dostavlja vrijednost kupcu. Ponajprije je bitno shvatiti što kupac želi kako bi se lakše razumjelo trenutno pružena usluga.
3. Tijek – tijek proizvodnje analizira se nakon što su mapirani tokovi vrijednosti. Jednostavan i neprekidan tok je ono što se želi dobiti eliminacijom nepotrebnih aktivnosti iz procesa.

4. Povlačenje(Pull) – podrazumijeva shvaćanje zahtjeva kupca na uslugu ili proizvod. Proces koji proizvodi proizvod ili uslugu mora reagirati na točan zahtjev kupca, taj zahtjev je početak bilo kakve proizvodnje.

5. Perfekcija – stvaranje toka proizvodnje i povlačenja kupaca počinje s radikalnom promjenom koraka individualnih procesa, ali svi dobitci postaju značajni tek kad se koraci povežu zajedno. Nakon prve reorganizacije organizacije moguća poboljšanja postaju sve vidljivija te tu dolazi jedno od najbitnijih lean načela, a to je kontinuirano poboljšavanje.

Kao krajnji ishod implementacije lean pristupa očekuje se smanjeni broj procesa, kraći procesi, bolji odaziv na zahtjeve kupca, brži procesi i veća kvaliteta proizvoda ili usluge.

5. LEAN ALATI

Za implementaciju lean pristupa koriste se mnoge tehnike i alati. U ovom radu spomenut će se neki od najpoznatijih i najkorištenijih alata. Važno je imati na umu da se svaki alat koristi u određenoj situaciji, nisu svi za uporabu na istom procesu ili u isto vrijeme. Svaka organizacija bira njoj najpogodnije alate.

5.1 Just-in-Time [8]

Just-in-time nije toliko alat koliko koncept koji proizlazi iz same lean filozofije. Ideja just-in-timea je proizvoditi proizvod ili davati uslugu utočno vrijeme kad je zahtjevana, odnosno reagirati izravno na zahtjev kupca u točno vrijeme i imati spreman proizvod ili uslugu u pravo vrijeme. Uglavnom just-in-time pokušava eliminirati gomilanje zaliha i ubrzati tok proizvoda ili usluge kroz organizaciju.

5.2 Kanban [9]

Kanban u doslovnom prijevodu s japanskog jezika znači natpis, a to i predstavlja u smislu rasporeda aktivnosti u lean organizaciji. Ideja je zapravo proizašla iz američkih supermarketa, kada djelatnici supermarketa ostanu bez robe na policama, oni reagiraju na način da iz skladišta dopunjavaju zalihe na policama. Radnici Toyote koriste kanban kartice kako bi signalizirali korake u njihovom proizvodnom procesu. S obzirom na jaku vizualnu komponentu sustava radnicim je bila olakšana komunikacija u smislu gdje i kada mora rad biti obavljen.

Postoje četiri glavna elementa kanbana još od vremena kad je prvi put implementiran u Toyotinoj proizvodnji, a to su:

- Vizualizacija posla – stvaranjem vizualnoga modela rada i toka rada moguće je promatrati tok kroz kanban sustav, odnosno lakše je uočavati uska grla, zastoje i prepreke, a to vodi ka boljoj komunikaciji i suradnji različitih radnih mjesta.
- Ograničiti rad u procesu – ograničavanjem nedovršenoga posla moguće je vidjeti koliko dugo treba materijalu da prođe kroz kanban sustav.

- Fokusiranje na tok – tok se mora promatrati i analizirati kako bi se mogli iščitati indikatori uspjeha ili neuspjeha procesa.
- Kontinuirano unapređivanje – kao što i sama osnova lean filozofije nalaže u svaki sustav, koliko god da se činio dobrim u trenutku, mora se kontinuirano ulagati.

5.3 SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED)[10]

SMED nazivamo sustav za smanjenje vremena izvršenja promjene opreme. Suština SMED sustava je pretvoriti što više koraka promjene opreme u eksterne, odnosno, one koji se mogu odvijati tijekom rada opreme, i također pojednostaviti i ubrzati preostale korake. Samo ime SMED dolazi iz cilja metode, odnosno smanjenja svih vremena promjene na jednoznaменkastu vremensku jedinicu (*single digit*).

Kod uspješnog izvođenja SMED programa mogu se očekivati sljedeće promjene:

- Niži proizvodni troškovi zbog bržih izmjena opreme smanjuje se vrijeme zastoja
- Brži i bolji odgovor na potrebe potrošača, fleksibilnije promjene na proizvodu
- Manje veličine serija odnosno smanjena potreba za skladišnom površinom
- Lakše započinjanje novog proizvoda

Slijedi način na koji se primjenjuje SMED metoda.

5.3.1 Prije početka

Svako poduzeće koje se bavi proizvodnjom može se okoristiti SMED-om iako to ne znači da SMED program je uvijek prioritet. U realnom slučaju poduzeća imaju konačan broj resursa te se ti resursi ne bi smjeli koristiti uzaludno već ih treba kanalizirati u onom smjeru u kojem će donjeti najbolje rezultate. Iz tog razloga za poduzeće prvi korak bi trebao biti uočavanje procesa u kojem se korisno vrijeme gubi. Ovo znači da postavljanje sustava koji će prikupiti i analizirati podatke o izvedbi proizvodnje.

Faktor koji mjerimo je OEE (Overall Equipment Effectivness) odnosno Sveukupna efektivnost opreme. Prema OEE dijelimo naše gubitke u šest kategorija (Six big losses). Nakon što je sustav za mjerenje proizvodne izvedbe uspješno prikupio podatke i to ne manje od dva tjedna uzorkovanja, možemo dobiti jasnu sliku o tome gdje se gubi na produktivnosti.

U slučaju da promjena opreme predstavlja barem 20% gubitaka koristi se SMED, ako nije takav slučaj onda je potrebno razmisliti o drugim metodama.

5.3.2 Prepoznavanje početnog područja primjene

Na samom početku uvođenja SMED-a moramo promotriti koje područje neke proizvodnje ćemo prvo promatrati. U idealnom slučaju sustav koji promatramo može imati sljedeće karakteristike:

- Izmjena opreme je dovoljno duga da postoji prostora za poboljšanje, ali ne toliko duga da postane nemoguće izvesti poboljšanje
- Postoje velike varijacije između vremena izmjene za različite izmjene
- Postoji više prilika za izvođenje izmjene na tjednoj razini (ubrzano testiranje)
- Radnici koji poznaju opremu su motivirani i angažirani
- Oprema se smatra uskim grlom ili ograničenom, ustvari poboljšanja i korist su trenutna

Kako bi stvorili dobru bazu podrške za SMED projekt uključuju se svi zaposlenici promatranoga procesa te se stvara tim unutar kojeg se raspravljaju sve moguće odluke vezane za to koja će se oprema promatrati i izmjenjivati. Nakon što je oprema izabrana postavlja se osnovno vrijeme u kojem mora doći do poboljšanja vremena izmjene.

5.3.3 Prepoznavanje elemenata

U sljedećem koraku tim zajedno radi na identifikaciji svih elemenata izmjene. Najefektivniji način je snimanje cijele izmjene s usputnim popisivanjem svih elemenata, a to uključuje:

- Opis rada koji je izveden
- Vremenske troškove, koliko dugo se izvršavaju izmjene

Korisno je znati iz prakse da:

- Prosječna izmjena rezultira u dokumentaciji od 30 do 50 elemenata
- Brza metoda za popisivanje elemenata bi bila zalijepiti kartice na ploču po redoslijedu popisivanja i pojavljivanja elemenata tijekom izmjene

- Potrebno je znati i ljudski faktor same izmjene, ne samo faktor opreme
- Tijekom snimanja bolje je da nekoliko ljudi radi i kao promatrači. Oni mogu uvidjeti neke stavke koje možda nisu vidljive na snimci
- Isključivo se ovaj dio SMED-a svodi na promatranje

Ono što je dobiveno u ovom stupnju izmjene je potpuni popis vremena izmjene sa svojim opisom i utroškom vremena.

5.3.4 Izdvajanje vanjskih elemenata

Sljedeće što radimo je izdvajanje vanjskih elemenata. To su oni elementi procesa izmjene koji se mogu odvijati tijekom rada opreme. Nije neobično što se sva od ovih vremena mogu prepoloviti već u ovom stupnju metode. Za svaki element se postavlja pitanje može li se na njemu obaviti izmjena tijekom rada sustava? Ako je odgovor na to pitanje da, onda element automatski prelazi u eksterne elemente

Tipični primjeri elemenata mogu biti:

- Vraćanje dijelova, alata i materijala
- Kontrola dijelova, alata i materijala
- Aktivnosti čišćenja koje se mogu izvoditi u pogonu
- Provjere kvalitete u zadnjem ciklusu proizvodnje

Nakon izdvajanja vanjskih odnosno eksternih elemenata dobivamo popis s eksternim(prije izmjene), internim i eksternim(nakon izmjene) elementima.

5.3.5 Pretvaranje unutarnjih(internih) u vanjske(eksterne) elemente

Prvo se promatra trenutno dobiveno stanje nakon izmjene s ciljem pretvaranja što je više moguće internih u eksterne elemente. Za svaki interni element tim postavlja pitanja: Ako postoji način da se ostvari pretvorba, koji bi to bio? Kako bi se pretvorba izvela?

Ovo rezultira u listi mogućih elemenata za daljnje aktivnosti. U listi je potrebno odrediti prioritete, odnosno one elemente kod kojih bi pretvorba bila najjednostavnija. Ovo dovodi do pitanja cijene troškova i moguće koristi od pretvorbe te se vrši analiza. Troškovi se mjere

prema potrebnom materijalu i radu za izvođenje izmjene, dok se korist mjeri potrebnim vremenom za eliminaciju tog elementa iz izmjene.

Nakon što su određeni elementi najvišega prioriteta počinje se s potrebnim promjenama. Primjeri metoda za pretvorbu elementa iz internog u eksterni mogu biti:

- Pripremanje dijelova unaprijed
- Korištenje više stega, poravnavanje se vrši prije izmjene
- Modularizacija opreme, olakšano reagiranje na nove potrebe proizvodnje
- Modifikacija opreme

5.3.6 Pojednostavljivanje ostalih elemenata

Nakon što je tim obavio sve moguće pretvorbe internih elemenata preostali elementi se promatraju kako bi se pronašao najjednostavniji i najbrži način za njihovo izvršavanje. Prioritet bi trebao biti kod internih elemenata kako bi se smanjilo vrijeme cijele izmjene. Ponovo radimo analizu troškova i moguće koristi. Sljedeće metode mogu se koristiti kod pojednostavljenja:

- Uklanjanje vijaka, korištenje drugih elemenata poput stega i sličnih mehanizama
- Eliminacija podešavanja, preporučuje se korištenje standardnih podešenja ili njihova kategorizacija u npr. 3 modula
- Smanjiti kretanje elemenata odnosno reorganizacija radnoga prostora
- Smanjiti čekanja
- Standardizacija alata odnosno smanjivanje na ograničeni broj specijaliziranih alata
- Paralelno izvođenje operacija
- Mehanizacija

Prilikom implementacije SMED-a bitno je prepoznati da postoje dvije kategorije mogućih poboljšanja, ljudske koje se postižu pripremom i organizacijom te tehničke postignute inženjerstvom. Iskustvo pokazuje da ljudski element je u pravilu puno brži i jeftiniji pri poboljšavanju od tehničkoga. Drugim riječima trenutni rezultati su skoro uvijek postignuti reorganizaciji ljudi te iz tog razloga poboljšanja uvijek kreću od ljudi iako tehnička poboljšanja dugoročno mogu se pokazati korisnijim. Dolje navedena tablica je na engleskom jeziku, a u praktičnom dijelu rada biti će prevedena s obzirom na implementaciju.

Tablica 2. Primjer SMED forme[18]

[illegible]

5.4 FAILURE MODE EFFECTS ANALYSIS (FMEA) [11]

FMEA je postepeni pristup koji služi za prepoznavanje svih mogućih kvarova ili neuspjeha u projektu, dizajnu, proizvodnji ili montaži, i proizvodu ili usluzi. „Failure modes“ podrazumijeva načine na koji bi nešto moglo biti smatrano neuspjehom. Neuspjeh(Failure) je bilo koja pogreška ili defekt, pogotovo onaj koji izravno utječe na potrošača, te je li potencijalan ili već aktualan. Analiza efekata odnosi se na proučavanje posljedica tih neuspjeha.

Neuspjesima se dodjeljuje stupanj prioriteta zavisno o tome koliko su ozbiljne posljedice koje su izazvali, koliko se često pojavljuju i prema mogućnosti uočavanja. Cilj FMEA metode je poduzeti mjere za uklanjanje ili smanjivanje neuspjeha, počevši s onima koji imaju najviši stupanj prioriteta.

FMEA također dokumentira trenutno znanje i odluke reagiranja u otklanjanju neuspjeha kako bi se ista mogla ponovo koristiti u kontinuiranom poboljšavanju. FMEA se koristi

preventivno u konstrukciji kako bi se izbjegli mogući neuspjesi. U kasnijim stupnjevima razvoja se koristi u svrhu kontrole, prije i poslije nekoga procesa ili operacije. U idealnom slučaju FMEA započinje u najranijim konceptualnim fazama konstruiranja ili planiranja i nastavlja se tijekom životnoga vijeka proizvoda ili usluge.

Ova metoda razvijena je u četrdesetim godinama prošloga stoljeća u SAD-u te se nastavila razvijati u automobilske i zrakoplovnoj industriji. Neke industrije podržavaju zajednički FMEA standard.

Postoji nekoliko slučajeva u kojima se preporučuje korištenje ove metode, a oni su:

- Tijekom dizajna ili redizajna nekoga procesa, proizvoda ili usluge
- Kada je postojeći proces, proizvod ili usluga korišten na novi način
- Prije razvijanja kontrolnih ploča za neki novi ili izmijenjeni proces
- Prilikom planiranja ciljeva poboljšanja za postojeći proces, proizvod ili uslugu
- Prilikom analize neuspjeha postojećega procesa, proizvoda ili usluge
- Periodično tijekom životnoga vijeka procesa, proizvoda ili usluge

FMEA postupak

Grupa ASQ(American) daje smjernice za provođenje ovakvoga postupka. Naravno ove smjernice ne moraju biti strogo implementirane, specifični detalji samoga postupka mogu se razlikovati kod različitih organizacija ili industrija. Postupak možemo podijeliti na deset koraka:

1. Okupljanje tima ljudi s različitim znanjem o promatranom procesu, proizvodu ili usluzi te potrebama kupca. Poželjno je da svaki član tima posjeduje i različitu specijalizaciju. Specijalizacije mogu naprimjer biti: dizajn, proizvodnja, kvaliteta, testiranje, pouzdanost, održavanje, prodaja, marketing, logistika i odnosi s javnošću
2. Razmatranje opsega FMEA. Hoće li služiti za koncept, sustav, proces, dizajn ili uslugu? Koja su ograničenja? Koliki stupanj detaljnosti se zahtjeva? Ovdje se preporučuje korištenje dijagrama toka prilikom razmatranja opsega te je izuzetno bitno da svaki član tima razumije svaki promatrani pojam u detalj.
3. Postavljanje tablice odnosno forme FMEA. Ovo se radi na način da se postavlja tablica u kojoj redak predstavlja funkciju promatranoga proizvoda, usluge ili procesa, a stupci daju različite informacije o promatranom problemu npr. uzrok, efekt koji

proizlazi, način na koji se kontrolira proces ili usluga, mogući problem, preporučena aktivnost za sanaciju problema i rezultate poduzetih aktivnosti.

4. Identificirati funkciju promatranoga sustava. Odgovoriti na pitanja „Koja je svrha procesa, proizvoda ili usluge? Što potrošač zapravo očekuje od proizvoda, procesa ili usluge?“. Ovaj korak služi tome da opseg promatranoga sustava dekomponiramo na što je moguće manje jedinice, podsustave, stavke, dijelove, sklopove ili elemente te odredimo funkciju svakoga od promatranih.
5. Kod svake funkcije prepoznati sve moguće načine putem kojih je moglo doći do neuspjeha. Ovo nazivamo *potencijalni modovi neuspjeha* (potential failure modes).
6. Za svaki od modova neuspjeha identificiramo sve moguće posljedice na promatrani sustav, povezane sustave, procese, povezane procese, proizvode ili usluge. Ovu stavku nazivamo *potencijalnim efektima neuspjeha* (potential effects of failure) i ona objašnjava što zapravo se događa prilikom pojavljivanja neuspjeha.
7. Određivanje ozbiljnosti svakoga pojedinog efekta. Stvara se takozvani parametar ozbiljnosti **S**(severity). Ozbiljnost se obično procjenjuje na skali od 1 do 10, 1 podrazumijeva nikakvu prijetnju dok je 10 najveća moguća. Ako neki mod ima više efekata, potrebno je u tablicu izdvojiti samo one najbitnije kako ne bi došlo do preopterećenosti podacima.
8. Za svaki mod neuspjeha odrediti mogući korijenski uzrok. Ovdje se koriste tzv. Cause analysis tools, i naravno znanje te iskustvo tima. U FMEA formu se unose svi mogući uzroci.
9. Za svaki od uzroka odrediti učestalost pojavljivanja **O**(occurrence). Također, faktor **O** je u ograničenjima od 1 do 10 gdje 1 predstavlja jako malu statističku mogućnost pojavljivanja, a 10 je sigurni događaj. Ova kategorija također ulazi u FMEA formu.

10. Za svaki od uzroka potrebno je identificirati trenutni implementirani proces kontrole. Ovo mogu biti ispitivanja, procedure ili mehanizmi koji se trenutno koriste kako neuspjeh ne bi došao do potrošača. U ovom koraku moguće je već poboljšati, ukinuti ili uvesti nove načine kontrole.
11. Za svaki tip kontrole uspostaviti stupanj uočavanja **D**(detection). On nam govori koliko dobro neki sustav kontrole uočava ili uzrok neuspjeha ili sami neuspjeh nakon što se već dogodio, ali prije nego što je uspio utjecati na potrošača. Ovdje se također koristi skala od 1 do 10, gdje 1 znači potpuna kontrola, a 10 da sustav sigurno ne funkcionira. Ova kategorija također ulazi u FMEA formu.
12. Možemo li ovaj tip neuspjeha pripisati nekoj kritičnoj karakteristici? Kritična karakteristika je mjera odnosno indikator koji odražava stupanj sigurnosti ili podudaranja s vladinim regulativama. Ako postoji takva stavka onda u našu FMEA formu stavljamo stupac „Klasifikacija“ te za promatrane funkcije stavaljamo oznake Y i N koje govore o tome je li se implementira koja od posebnih kontrola. Uobičajeno kritične karakteristike imaju faktor S između 9 i 10 te faktore O i D iznad 3.
13. Izračunavanje **stupnja prioriteta** odnosno RPN (risk priority number) broja. RPN broj računamo na način da pomnožimo preostala tri člana $S \times O \times D$, dok se **kritičnost** računa kao $S \times O$. Ovi brojevi služe za određivanje vrijednosti i prioriteta svakoga promatranog problema.
14. Identificirati preporučene aktivnosti. Ove aktivnosti mogu biti promjene dizajna ili procesa u svrhu smanjenja ozbiljnosti ili učestalosti problema. Također je bitno uvidjeti tko je odgovoran za ove aktivnosti i njihove rokove.

Tijekom promatranja svih ovih faktora potrebno je zapisivati sve potrebne podatke u FMEA formu. S ovime završava FMEA metoda kao alat te konačna odluka zavisi o donositelju odluke. Dolje navedena tablica je na engleskom jeziku, a u praktičnom dijelu rada biti će prevedena s obzirom na implementaciju.

Tablica 3. FMEA forma[11]

FMEA WORKSHEET Failure Mode & Effects Analysis															
System				Customer											
Subsystem				RFC#											
Lead				Original Date											
Core Team				Revision Date											
										Action Results					
Process Description	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	SEV	Potential Causes	PORB	Current Controls	DET	RPN	Recommended Actions	Responsibility & Target Completion Date	Action Taken	SEV	PORB	DET	RPN
								0							0
								0							0

5.5 5S [12]

5S je sustav koji služi za uklanjanje nepotrebnih aktivnosti i optimizaciju produktivnosti na način da održava preglednost radnoga mjesta. Korištenjem ove metode radno mjesto se drži čistim i organiziranim te u većini slučajeva je prvi lean alat koji se primjenjuje u organizacijama.



Slika 5. Grafički prikaz 5S metode [18]

Korištenjem ove metode mogu se očekivati smanjenja radnoga prostora postojećih operacija. Također rezultira u organizaciji alata i materijala sustavom označavanja npr. bojom prema lokaciji u tvornici, ovime se stvaraju specificirane grupacije alata potrebne za izvršavanje rada. 5S je osnova za svaki daljnji razvitak lean pristupa nekog poduzeća.

Ova metoda sastoji se od 5 bitnih značajki od kuda joj i ime potiče, a to su:

SEIRI (*sortiranje*) – ovdje pod sortiranjem smatramo takvu organizaciju radnoga prostora da se svi nepotrebni elementi u njemu eliminiraju. To znači da bilo koji alat, materijal ili element koji se ne koristi u trenutnom proizvodnom procesu isključujemo iz radnoga mjesta. Dobra metoda sortiranja je tzv. „red tagging“. Provodi se na način da se procijenjuje potreba svakoga alata u nekom procesu. Oni alati koji nisu toliko bitni za trenutni proces ili su na krivom mjestu dobivaju crvenu oznaku. Nakon što su označeni elementi, sele se na lokaciju predviđenu za otpad, reciklažu ili prenamjenu. Najveću korist koju organizacije izvlače iz ove značajke je slobodni prostor.

SEITON (*red*) – ova značajka fokusira se na stvaranje efikasne i efektivne metode spremanja elemenata procesa tako da bi ih se koristilo i označavalo što lakše. Seiton se može tek primijeniti nakon prvoga koraka odnosno kad je radno mjesto očišćeno. Strategija za efektivno stvaranje reda može biti npr. bojanje podova, pričvršćivanje etiketa i plakatiranje predodređenih skladišnih lokacija te ocrtavanje radnoga prostora.

SEISO (*sjaj*) – nakon što su izvedena prva dva koraka bitno je organizirati održavanje stanja nakon prva dva koraka. Svakodnevno pregledavanje radnoga prostora bitno je za održavanje postignutoga rezultata kroz prva dva koraka. Rad u čistoj okolini pomaže pri otkrivanju kvarova opreme poput curenja, vibracija, loma i odstupanja. Organizacije često uspostavljaju „seiso mete“ koje su cilj ovog koraka.

SEIKETSU (*standardizacija*) – nakon što su izvedena prva tri koraka sljedeći je standardizirati najbolje pristupe u radnom prostoru. Ova metoda služi kako bi se održavala postignuća prva tri koraka stvaranjem konzistentoga pristupa kojim se pristupa aktivnostima. Neki od alata korištenih za standardizaciju su spisci za provjeru, grafikoni poslovnih ciklusa te vizualni znakovi. Drugi dio seiketsua je prevencija, nakupina nepotrebnih elemenata ili nepotrebnih procedura.

SHITSUKE (*održavanje*) – potrebno je stvoriti naviku kavalitetnoga održavanja postignutih rezultata. U većini slučajeva ovo je najteži korak 5S-a. Promjena ukorjenjelih ponašanja može biti teška te u dosta slučajeva zaposlenici će se željeti vratiti starom načinu izvršavanja aktivnosti. Alati koji se ovdje koriste su znakovi i plakati, bilteni, džepni priručnici te pregledi učinkovitosti.

5.6 KAIZEN [13]

Kaizen se smatra temeljom svih lean proizvodnih metoda. On se fokusira na eliminaciju gubitaka, poboljšanju produktivnosti i postizanju kontinuiranih poboljšanja kroz ciljane aktivnosti i procese organizacije.

Lean proizvodnja često se vrti oko ideje kaizena ustvari kontinuiranog unapređenja. Ovaj pristup ukazuje na to da male inkrementalne promjene rutinski primjenjivane kroz duži period mogu rezultirati u znatnim poboljšanjima. Kaizen strategija cilja na to da uključi radnike s raznih pozicija i razina organizacije u zajednički rad kako bi se prije otkrile greške u procesu ili ga poboljšali. Organizacija koristi analitičke tehnike, poput VSM-a, koji će kasnije biti spomenut u radu, kako bi otkrila greške i prilike za poboljšanjima unutar ciljanoga procesa ili područja proizvodnje.

Periodičnim sličnim radnjama pokušava se osigurati da poboljšanja nastala prvotnom primjenom kaizena ne gube na momentu.

Postoji takozvani krug kaizen aktivnosti te se može definirati kao:

- Standardizacija operacija i aktivnosti
- Mjerenje operacija (traženje vremena ciklusa)
- Uspoređivanje izmjerenoga i potrebnoga
- Stvaranje inovacija kako bi se postigli zahtjevi i povećala produktivnost
- Standardizacija novih poboljšanih operacija
- Nastavak s ciklusom u beskonačnost

Ovaj ciklus se također zove i Shewhartov, Demingov ili PDCA. Za objašnjenje uzet će se PDCA ciklus koji je skraćenica za *plan-do-check-act*.

PLAN – određivanje ciljeva i procesa potrebnih za postizanje rezultata željenog outputa.

DO – implementacija plan i izvršavanje procesa.

CHECK – promatranje i analiza stvarnih rezultata te usporedba s postojećim.

ACT – ispravak loših radnji te pronalaženje uzroka gubitaka.



Slika 6. Krugovi kvalitete[13]

5.7 ANDON[14]

Kod proizvodnje Andon sustavi pružaju povratne informacije o stanju pogona to jest proizvodnje. Najčešće Andon sustavi prikazuju stanje proizvodne linije, pokazuju kada je pomoć potrebna i pružaju operaterima mogućnost da zaustave proizvodnju zbog moguće greške. Andon sustav sadrži kontrolnu ploču, postavljenu na vidljivo mjesto, koja je povezana sa senzorima koji detektiraju stanje proizvodnje. Senzori iščitavaju za svaku kontrolnu točku stanje u kojem se trenutno nalazi i daju različita svjetla zavisno u kojem stanju je. Zeleno ako je operacija normalna, žuto kad je potrebna pomoć te crveno ako nešto nije u redu s operacijom.



Slika 7. Andon vizualni sustav za praćenje linije [15]

5.8 POKA-YOKE [16]

Pokayoke je japanska riječ koja znači ispravljanje pogrešaka kod opreme ili procesa kako bi ih učinili što sigurnijim i pouzdanijim. Radi se o jednostavnim, ali korisnom dizajnu koji gotovo da onemogućava krivo korištenje proizvoda. Cilj ove metode je otklanjanje potrebe za razmišljanjem o sigurnosti u okolini takve opreme na način da se oprema uopće ne može koristiti krivo. Primjer može biti dizajn usb sticka, nemoguće je uopće pokrenuti ga na računalu ako nije umetnut na pravu stranu, a umetanje na pravu stranu je osigurano kroz dizajn. Naravno ovaj primjer ne prikazuje radikalni pomak ka sigurnosti, ali ako se slična filozofija primjeni na kompleksnijoj opremi ona se osigurava od krivoga rada.

Shigeo Shingo prepoznaje tri tipa poka-yoke metode za otkrivanje i prevenciju grešaka unutar masovne proizvodnje, a to su:

- Kontaktna metoda identificira greške na proizvodu na način da testira oblik, boju, veličinu te druge fizičke atribute proizvoda
- Metoda konstantoga broja upozorava operatera ako određena kretnja nije izvršena
- Metoda slijeda provjerava je li proces napravio sve korake proizvodnje koji su predviđeni

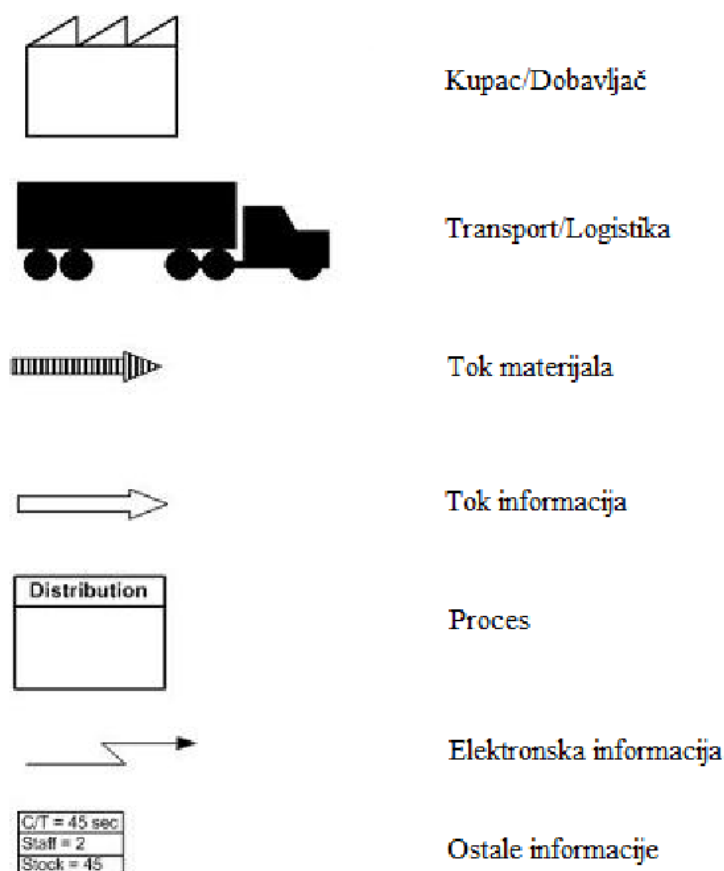


Slika 8. Primjer alata Poka-yoke[20]

5.9 VSM-Mapiranje toka vrijednosti [17]

Ova metoda, *Value Stream Mapping*(VSM), predstavlja jedan od najvažnijih alata lean pristupa. Sva poboljšanja koja se postignu kroz različite metode već navedene dat će komponentu trenutnoga uspjeha, ipak lean pristup zahtjeva kontinuirano unapređenje. Stoga kako bi se znalo kakvo nam je bilo prethodno stanje i kojemu stanju treba težiti u budućnosti potrebno je mapirati i analizirati različita stanja kroz koja prolazi organizacija i njeni procesi. Za to se koristi VSM koji je zapravo jedna vrsta grafikona toka vrijednosti inputa kroz proces. Cilj VSM-a je kao i kod ostalih alata leana, pružiti optimalnu vrijednost kupcu smanjujući gubitke putem eliminacije aktivnosti koje ne pridonose vrijednost kupcu.

Prvo što se radi prilikom sastavljanja VSM mape je utvrđivanje onoga što kupcu predstavlja vrijednost. Nakon toga se zapisuju sva proizvodna vremena, svi tokovi materijala i informacija te mjeri se output dobiven trenutnim stanjem. Ovom se metodom zapravo uspoređuje trenutno stanje s budućim stanjem te se stvaraju osnove za sljedeća buduća poboljšanja. Sljedi prikaz simbola za osnovne značajke u mapi stanja:



Slika 9. Prikaz osnovnih simbola mapiranja toka[17]

VSM koristi različite vizualizacije procesa, potprocesa i aktivnosti kroz proizvodni ciklus. Ono što VSM pruža je:

- Bolji uvid u stanje procesa
- Jasnije prikaze tokova materijala i informacija kroz koje je te olakšano uočavanje mogućih poboljšanja

6. PRIMJENA LEAN ALATA

Neki od alata navedenih u prethodnom dijelu rada bit će primjenjeni na poduzeću Lukar d.o.o smještenog u Zagreb koje se bavi proizvodnjom papirnatih vrećica.

6.1 Općenito o poduzeću „Lukar“

Poduzeće Lukar d.o.o. je tvrka koja se bavi preradom papira u papirnatu vrećice različitih dimenzija te preprodajom papirnatih proizvoda koji se uglavnom koriste kod prodaje na tržnicama i pekarama te manjim dućanima. Tvrtku je osnovao Evgeni Lukarev 1993. godine te je ona oblik manjeg obiteljskog poduzeća u kojemu rade tri radnika.

Sva proizvodnja se odvija na jednom stroju odnosno stroju za proizvodnju papirnatih vrećica MANZONI Seriana 31 iz 1988. godine.



Slika 10. Prikaz stroja za izradu papirnatih vrećica

U okviru ovoga rada promatrat će se proizvodnja jedne narudžbe te će se primijeniti prema zadatku dva lean alata u svrhu poboljšanja procesa. Promatrat će se narudžba papirnatih vrećica u tri dimenzije, 0.5, 1 i 2 kilograma veličine. Potrebno je proizvesti 150 kg vrećica za 1 kg(Proizvod 1), 50 kg vrećica za 2 kg(Proizvod 2) i 250 kg vrećica za 0.5kg(Proizvod 3).

6.2 Način odvijanja procesa proizvodnje

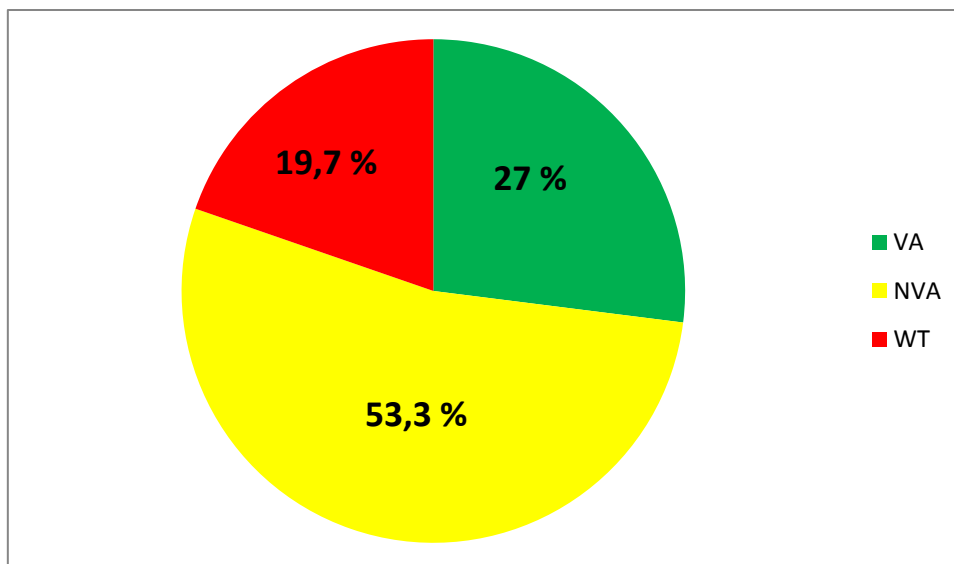
Prije primjene bilo kojega lean alata u nekom poduzeću potrebno je napraviti analizu postojećega stanja odnosno vidjeti točno kako funkcionira i koji su sastavni dijelovi promatranoga procesa. U ovom slučaju promatra se proces izrade i pakiranja papirnatih vrećica.

Proces započinje naravno s narudžbom kupca i završava njenom isporukom. Unutar proizvodnje proces teče na sljedeći način. Prvo što je potrebno napraviti na stroju je postaviti rolu papira na stroj, rola papira može se smatrati jednom od materijala odnosno sirovina koje su dio ponuđenoga proizvoda. Nakon što je postavljena rola papira potrebno je odrediti dimenzije proizvoda na stroju. Proizvod ima dvije dimenzije, dužinu vrećice koja se određuje promjenom zupčanika na stroju te širinu koja je određena veličinom postavljene šablone u stroj. Kada su određene dimenzije proizvoda rola papira, koja je na stroju, provlači se kroz valjke na stroju te se postavljaju klišeji i ulijeva se boja.

Usporedno s ovim koracima događa se proces pripreme ljepila. On zapravo započinje dan ranije kada se kuha ljepilo i ostavlja da stoji 18 sati. Tijekom odvijanja pripreme ljepilo se ponovo zagrijava uz miješanje te se onda ulijeva u stroj. Nakon što su odrađene sve ove aktivnosti stroj može započeti s radom. Aktivnosti u promatranom procesu ovakve su vrste i raspodjele:

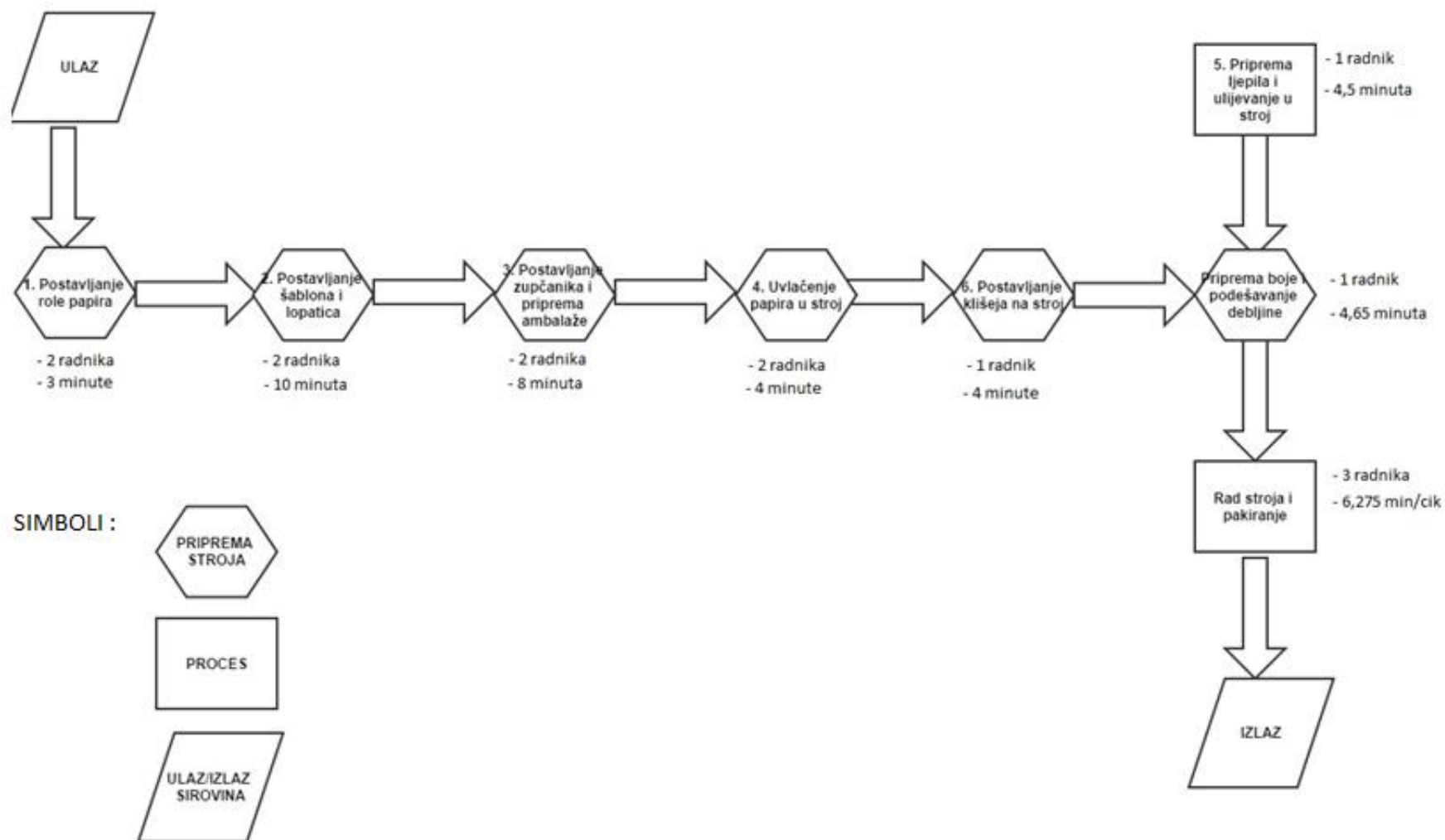
Tablica 4. Raspodjela vremena unutar aktivnosti

N°	AKTIVNOST	NVA	VA	WT
1	Postavljanje role papira	3 min	-	-
2	Postavljanje šablona i loaptica	7 min	-	3min
3	Postavljanje zupčanika i priprema ambalaže	5 min	-	3 min
4	Uvlačenje papira u stroj	4 min	-	-
5	Priprema ljepila i ulijevanje	-	2.5 min	2 min
6	Postavljanje klišeja na stroj	2 min	-	2 min
7	Priprema boje i podešavanje debljine	2.65 min	-	2 min
8	Rad stroja	-	6.275 min	-
	Σ	23.65 min	8.775 min	12 min



Slika 11. Raspodjela aktivnosti prema vremenu unutar procesa

Na sljedećoj stranici nalazi se grafički prikaz cijeloga procesa s vremenima i potrebnim brojem radnika.



Slika 12. Dijagram toka procesa

U dijagramu toka procesa nije naznačen točan redoslijed operacija već su samo navedene u nizu s pripadajućim vremenima i potrebnim brojem radnika za njihovo ispunjavanje. Slijedi tablica koja prikazuje potreban broj radnika, vremena te redoslijed aktivnosti u procesu.

Tablica 5. Raspored aktivnosti u procesu

N°	AKTIVNOST	Broj radnika potreban za aktivnost	Prethodno završene aktivnosti	Ukupno trajanje aktivnosti u minutama
1	Postavljanje role papira	2	-	3
2	Postavljanje šablona i loaptica	2	-	10
3	Postavljanje zupčanika i priprema ambalaže	2	1	8
4	Uvlačenje papira u stroj	2	1	4
5	Priprema ljepljiva i ulijevanje	1	1, 2, 4	4
6	Postavljanje klišeja na stroj	1	2, 6	4,5
7	Priprema boje i podešavanje debljine	1	-	4,65
8	Rad stroja	3	1,2,3,4,5,6,7	6,275

Vrijeme izrade cijele narudžbe računa se prema sljedećem izrazu:

$$T_{\text{ukupno}} = T_{\text{priprema}} + T_{\text{proizvod1}} + T_{\text{proizvod2}} + T_{\text{proizvod3}} + T_{\text{izmjena}} \quad (1)$$

Gdje su izmjerena vremena:

$$T_{\text{priprema}} = 29 \text{ min}$$

$$T_{\text{proizvod1}} = 84.125 \text{ min}$$

$$T_{\text{proizvod2}} = 27.75 \text{ min}$$

$$T_{\text{proizvod3}} = 192,5 \text{ min}$$

$$T_{\text{izmjena}} = 47 \text{ min}$$

$$T_{\text{ukupno}} = 380.375 \text{ min} = 6,34 \text{ h}$$

6.3 Primjena alata FMEA

Kao jedan od mogućih alata za implementaciju u poduzeću Lukar nudi se FMEA analiza odnosno *Failure mode effects analysis*. Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju rada FMEA analiza služi za dokumentaciju potencijalnih grešaka i kvarova te u konačnici i za utvrđivanje načina izvršavanja aktivnosti bez da dođe do tih grešaka.

S obzirom na to da FMEA alat koristi različite faktore prije početka nužno je utvrditi značenje brojčane vrijednosti koju je moguće dodijeliti nekoj značajci. U praksi je utvrđeno da je bolje koristiti samo određenu količinu brojeva ljestvice kako bi se lakše utvrdila vrijednost greške. Za vrijednosti parametara S(ozbiljnost), O(učestalost) i D(uočavanje) potrebno je definirati njihov raspon te značenje. U ovoj FMEA analizi koristit će se brojevi 1,3,5,7 i 10 koji imaju sljedeće značenje.[20]

Tablica 6. Značenje parametra ozbiljnosti (S)

S(severity)		
Vrijednost	Opis	Kriterij
1	Nebitno	Nema utjecaja na kvalitetu proizvoda i tok procesa
3	Manje bitno	Nema utjecaja na kvalitetu proizvoda
5	Bitno	Utjecaj na kvalitetu proizvoda, ali je moguće popraviti
7	Kritično	Jak utjecaj na kvalitetu proizvoda, potrebno ispravljati
10	Katastrofalno	Uništen proizvod, nemoguće popraviti

Tablica 7. Značenje parametra učestalosti (O)

O(occurrence)		
Vrijednost	Opis	Kriterij
1	Teško moguće	Greška nije nikad viđena
3	Rijetko	Greška je viđena dva ili tri puta
5	Moguće	Greška se viđa u prosječnom procesu
7	Srednja vjerojatnost	Greška se viđa u dosta slučajeva
10	Visoka vjerojatnost	Greška se pojavljuje u većini slučajeva

Tablica 8. Značenje parametra uočavanja(D)

D(detection)		
Vrijednost	Uočljivost	Kriterij
1	Visoka	Greška se primjećuje prije događaja
3	Dobra	Greška se primjećuje
5	Vjerojatna	Greška se može primijetiti
7	Manje vjerojatna	Greška je relativno skrivena
10	Skoro nemoguća	Greška se ne može uočiti sve do konačnoga proizvoda

Kada se provodi FMEA analiza bitno je utvrditi čemu će zapravo služiti analiza. U slučaju primjene u poduzeću Lukar cilj analize je dokumentirati moguće greške i ustanoviti potrebne radnje za sanaciju tih grešaka. To znači da je potrebno standardizirati način djelovanja u slučaju pojavljivanja određene i greške i ako je moguće prije toga imati uvježbane radnike koji će izvršiti postupak.

Sljedeći korak koji se provodi prilikom analize je stvaranje FMEA forme i unošenje potrebnih podataka u nju. Zavisno o mjestu implementacije ova forma može i ne mora imati određene parametre, ali bitno je da svaka forma sadrži sljedeće parametre:

- Potencijalni mod neuspjeha aktivnosti
- Efekt moda neuspjeha
- Razlog neuspjeha
- Parametre ozbiljnosti, učestalosti i uočavanja te stupanj prioriteta
- Prijedlog preporučenih akcija za sanaciju

Vrijednost stupnja prioriteta(RPM) ukazuje na redoslijed sanacije i ozbiljnosti problema. Taj faktor nam u konačnici govori o tome kojim problemima trebamo pružiti više vremena.

Prije nego što se popuni FMEA forma bitno je naznačiti da unutar ovog procesa sva kontrola proizvoda izvodi se od strane radnika bez posebnih sustava kontrole. Sljedi FMEA forma.

Tablica 9. FMEA forma

N°	AKTIVNOST	POTENCIJALNI MOD NEUSPJEHA	EFEKTI MODA NEUSPJEHA	RAZLOG NEUSPJEHA	S	O	D	RPN	PREPORUČENE AKCIJE
1	Postavljanje role papira	<ul style="list-style-type: none"> Krivo postavljena rola 	<ul style="list-style-type: none"> Ponovo postavljanje 	Nepažnja prilikom postavljanja	7	1	5	35	Mehaničko postavljanje
2	Postavljanje lopatica i šablona na stroj	<ul style="list-style-type: none"> Pogrešna šablona postavljena Nepričvršćene lopatice 	<ul style="list-style-type: none"> Proizvodi se krivi proizvod Moguće zaustavljanje proizvodnje 	Nepažnja prilikom postavljanja	7	7	5	245	Označivanje šablona i priprema alata unaprijed prema narudžbi
3	Postavljanje zupčanika i priprema ambalaže	<ul style="list-style-type: none"> Krivi zupčanici postavljeni Oštećena ambalaža 	<ul style="list-style-type: none"> Proizvodi se krivi proizvod Moguće oštećenje prilikom transporta 	Nepažnja prilikom postavljanja	7	7	5	245	Označivanje zupčanika različitim bojama prema svrsi
4	Uvlačenje papira	<ul style="list-style-type: none"> Krivo uvlačenje 	<ul style="list-style-type: none"> Pucanje papira Gužvanje papira 	Nepažnja prilikom postavljanja	7	3	10	210	Standardizacija postupka
5	Priprema i ulijevanje ljepila	<ul style="list-style-type: none"> Kriva gustoća ljepila Nedovoljno promiješano ljepilo 	<ul style="list-style-type: none"> Papirnate vrećice se ne zaljepljuju 	Nestandardiziranost mjere	5	7	7	245	Dodavanje dodataka smjesi kako bi dobila potrebnu kakvoću
6	Postavljanje klišeja	<ul style="list-style-type: none"> Postavljeno na krivo mjesto Krivi klišej korišten Nije pričvršćen 	<ul style="list-style-type: none"> Proizvodnja škarta Nepravilan tisak 	Nestandardnost lokacije klišeja	7	5	10	350	Oznaka lokacije klišeja
7	Priprema boje i podešavanje debljine	<ul style="list-style-type: none"> Nekvalitetno izmiješana boja Neujednačena debljina po dužini Prevelika količina boja 	<ul style="list-style-type: none"> Neujednačenost proizvoda Proizvodnja škarta 	Nepažnja prilikom postavljanja i/ili nestandardiziranost sastojaka boje	7	7	7	343	Standardizirati količinu i kakvoću boje
8	Rad stroja	<ul style="list-style-type: none"> Tehničke poteškoće 	<ul style="list-style-type: none"> Proizvodnja stoji 	Tehnička pogreška	10	1	3	30	Redovito održavanje

Ispunjenom FMEA formom dobiva se jednostavan i tabličan prikaz mogućih modova neuspjeha. Prvo što bi se moglo u promijeniti u trenutnom procesu je sustav kontrole. Kao što je i navedeno postojeće poduzeće ne koristi nijedan sustav kontrole osim radnika, što ukazuje na to da ne postoji zapravo prava mjera kvalitete proizvoda i proizvodnje. Uz primjenu određenih sustava kontrole mogla bi se procijeniti s kojom pouzdanošću se proizvodi proizvod.

Tablica 10. Vrijeme sanacije greške i utrošak materijala

Greška u aktivnosti	Vrijeme sanacije	Izgubljeni materijal
Postavljanje role papira	10 min	0
Postavljanje šablona	10 min	1,5 kg
Postavljanje zupčanika	10 min	1,5 kg
Uvlačenje papira	1 h	1,5 kg
Priprema i ulijevanje ljepila	15 min	20 l
Postavljanje klišeja	5 min	1,5 kg
Priprema boje i debljine	5 min	5 l

Prvi sustav kontrole potrebno bi bilo primijeniti kod postavljanja klišeja na stroj. Kako ne bi dolazilo do krivoga postavljanja klišeja moguće je označiti valjak na lokacijama gdje se postavlja klišeji. S obzirom da se ova greška događa relativno često označavanjem lokacije postavljanja klišeja radnik ne treba razmišljati gdje će stajati klišeji već ga stavlja na standardnu lokaciju. Ovime bi se moglo dobiti skoro potpunu kontrolu nad ovakvom greškom odnosno u potpunosti je eliminirati.

Priprema boje i postavljanje debljine je greška sa sljedećem najvećom vrijednosti RPM. Problem ove greške je to što se u slučaju prekomjerne količine primjenjene boje proizvodi škart, odnosno papirnate vrećice se raspadaju. Standardizacijom sastava boje takva greška se također može u potpunosti izbjeći dok postavljanje debljine ovisi o postavljenom klišeju.

Najgore i najčešće greške su zapravo greške postavljanja opreme, odnosno postavljanja zupčanika i šablone. Obje rezultiraju zaustavljanjem proizvodnje. Kada je bilo koji od ovih

dijelova opreme krivo postavljen i proizvodnja je zaustavljena, gubi se barem 10 minuta za izmjenu alata. Ako se to stavi u kontekst jednoga ciklusa proizvodnje paketa kojemu je u prosjeku potrebno 6,275 minuta da se izradi znači da se gubi jedan paket prilikom izmjene alata. Ovaj problem je riješen na način da zupčanici obojani različitim bojama prema veličini izrade. Na taj način jedina greška koja se može javiti prilikom postavljanja opreme je prilikom namještanja nove opreme, ako nije dovoljno dobro pričvršćena, što znači da je vrijeme ispravka smanjeno na 3 minute.

Kod promatrane narudžbe potrebno je napraviti 40 paketa proizvoda u tri dimenzije što znači da su tri puta veće mogućnosti krivoga postavljanja opreme. U takvom slučaju gubi se 7,5% narudžbe odnosno potrebno ju je ponovo proizvesti.

Posljednja kritična greška je kod uvlačenja role papira u stroj. U slučaju pucanja role vrijeme potrebno za sanaciju iznosi 1 sat dok je za promatranu narudžbu vrijeme izrade 6,34 sata. Osim sanacije, papir koji je prošao kroz stroj treba se izvući van te je to nepotrebno potrošen materijal. Kako se ovakve greške ne bi događale potreban je standardizirani postupak za provlačenje. Standardizirani postupak bi tekao slično poput onog koji se već primjenjuje, provlačenje papira kroz stroj, ali uz kontrole na svakoj od triju točaka stroja, a to su tisak, šablone i rezanje. Greška se u tom slučaju može vidjeti već na jednom od triju koraka te su onda materijalne štete puno manje.

6.4 Primjena SMED analize

Sljedeći alat koji će se primjeniti je SMED analiza kojom se poboljšava proces izmjene opreme i alata između aktivnosti. Unutar problema ove narudžbe izmjena alata izvršavat će se prilikom izmjene proizvodnje proizvoda.

Prvo što se promatra su aktivnosti koje se izvode tijekom izmjene. U ovom slučaju promjena alata koja se promatra bit će vezana za promjenu proizvodnje proizvoda unutar narudžbe. Kao što je već rečeno stroj ne koristi iste postavke za sve proizvode koji se na njemu proizvode te unutar te promjene postoji mogućnost primjene SMED analize.

Postavljanja klišeja nije potrebno ponavljati već se izvodi samo jednom unutar procesa proizvodnje cijele narudžbe dok je ulijevanje boje potpuno eksterni proces. Nadalje, aktivnosti će se podijeliti na zadatke kako bi se lakše uvidjela razlika između eksternoga i internoga vremena. Eksterno vrijeme je ono vrijeme neke izmjene alata koje se može odvijati tijekom rada stroja, a interno je ono koje je fiksno odnosno ono koje se ne može izvoditi tijekom rada stroja.

Za dokumentaciju koristi se takozvana SMED forma koja predstavlja tabličnu usporedbu internih i eksternih dijelova vremena pripreme i izmjene alata. Postoje različiti oblici SMED forme, s dodatnim značajkama ili bez njih, ali ono što obavezno mora sadržavati svaka SMED forma je:

- Aktivnost koja se promatra
- Zadatci i opis unutar promatrane aktivnosti
- Ukupno vrijeme trajanje operacije
- Podjelu vremena trajanja operacije na interna i eksterna u trenutnom stanju
- Podjelu vremena trajanja operacije na interna i eksterna u poboljšanom stanju

Unutar SMED forme također se unosi tko izvodi analizu, stroj ili strojeve na kojima se izmjene izvode, proizvod koji se proizvodi i datum mjerenja.

Slijedi SMED forma na promatranom procesu zajedno sa snimljenim trenutnim stanjem i prijedlogom novoga stanja raspodjele vremena.

Tablica 11. SMED forma

Broj aktivnosti	Opis	Ukupno vrijeme	Trenutno interno vrijeme	Trenutno eksterno vrijeme	Komentar	Predloženo interno vrijeme	Predloženo eksterno vrijeme
1. Postavljanje role	Postavljanje role papira na stroj	3	3	0	Izvodi se prilikom prve izmjene	3	0
2. Postavljanje šablona i lopatica	Izuzimanje šablone iz skladišta rezervnih dijelova	10	3	0	Imati spremne rezervne dijelove na potrebnom mjestu tijekom posljednjega ciklusa	0	3
	Otpuštanje stare šablone		2	0		2	0
	Namještanje nove šablone		2	0		2	0
	Provlačenje papira kroz novu šablonu		2	0		2	0
	Kontrola nove šablone		1	0		1	0
3. Postavljanje zupčanika i priprema ambalaže	Izuzimanje zupčanika iz skladišta rezervnih dijelova	8	3	0	Imati spremne rezervne dijelove na potrebnom mjestu tijekom posljednjega ciklusa	0	3
	Otpuštanje prethodnoga zupčanika		2	0		2	0
	Namještanje novoga zupčanika		2	0		2	0
	Kontrola zupčanika		1	0		1	0
4. Uvlačenje u papira u stroj	Postavljanje role papira na stroj	4	4	0	Izvodi se prilikom prve izmjene	4	0
5. Priprema ljepila i ulijevanje	Zagrijavanje dan prije spravljenog ljepila	4	0	2	Stroj se ne oštećuje ukoliko se ljepilo ulijeva tijekom rada	0	2
	Miješanje zagrijanog ljepila		1	0		0	1
	Ulijevanje u stroj		1	0		0	1
6. Postavljanje klišeja	Postavljanje klišeja	4,5	4,5	0	Ne izvodi se prilikom izmjene	4,5	0
7. Priprema boje i podešavanje	Priprema boje i podešavanje debljine utiska	4,65	4,65	0	Ne izvodi se prilikom izmjene	4,65	0
		Σ	27(36,15)	2		19(28,15)	10

Promjena je postignuta kroz drugačiju raspodjelu vremena. Crvenom bojom označeno je vrijeme pripreme zajedno s aktivnostima koje se samo jednom izvode dok je crnom bojom označeno vrijeme trajanja izmjene. Zadatci poput izuzimanja novih alata(šablona i zupčanika) iz skladišta rezervnih dijelova i dijelovi pripreme ljepljiva mogu se izvoditi prilikom rada stroja samo je bitno dobro ih uskladiti s radom kako ne bi dolazilo do zastoja. Izmjena alata smanjena je za 8 minuta, s 27 na 19 minuta. To znači da je vrijeme izmjene smanjeno za 22.13%.

Opet bitno je staviti tih 8 minuta u kontekst promatrane proizvodnje. U dodatno dobivenih 16 minuta moguće je proizvesti još 2 od 40 paketa narudžbe.

Kako bi se daljnje smanjila vremena čekanja i ubrzao cijeli proces moguće je napraviti sljedeće promjene:

- Označavanje zupčanika i šablona različitim bojama kako bi se lakše našao potrebnii alat prilikom izmjene
- Mehanizacija postavljanja role, korištenje dizalice
- Izvršavanje dijela pripreme stroja nakon jednoga radnog dana u svrhu pripreme za sljedeći dan

6.5 Prijedlog poboljšanja

Poboljšanja koja su postignuta korištenjem Lean alata FMEA i SMED analize izražena su u vremenu. Tvrtka Lukar se trenutno pokušava proširiti na regionalno tržište te u skladu s tim potrebno je proces učiniti što produktivnijim.

Najbitniji aspekt ovih analiza u kontekstu same tvrtke je to da pružaju uvid u trenutno stanje tvrtke i stanje samoga procesa koji provode. Prva primjena ovih alata služi zapravo kao podloga na koju će se nadograđivati kroz vrijeme zavisno o trenutnim potrebama procesa. Kako bi se lakše prikazale postignute vremenske uštede, tablično su uspoređene s prošlim stanjem.

Tablica 12. Usporedba trenutnog i predloženog stanja

Stavka	Trenutno trajanje	Predloženo trajanje	Postotak promjene
Izmjena šablona	10 min	7 min	30%
Izmjena zupčanika	8 min	5 min	37.5%
Izmjena role	3 min	1 min	66.67%
Sanacija greške postavljanja šablone	10 min	2 min	80%
Sanacija greške postavljanja zupčanika	10 min	2 min	80%
Priprema ljepila	4 min	2 min	50%
Sanacija uvlačenja papira	10 min	3 min	70%

Kao prijedlog alata koji bi se mogao koristiti u daljnjem poboljšavanju poslovanja bio upotreba Andon sustava kod provjere koliko još postoji ljepila u stroju. Takav sustav ne zahtjeva velika izdvajanja u pogledu sredstva, a mogao bi znatno olakšati rad radnicima.

7. ZAKLJUČAK

Na današnjem nestabilnom tržištu nemoguće je opstati bez konstantoga unaprijeđivanja, a jedan od mogućih odgovora na to je Lean pristup. Lean filozofija nudi mogućnost opstanka na tržištu koje sadrži jaku konkurenciju te je globalno. Implementacija Lean filozofije nije jednostavna i trenutna, teško je jedan sustav koji je duži vremenski period funkcionirao promijeniti na svim razinama, a Lean zahtjeva promjenu na svim razinama organizacije. Smanjenje gubitaka, skraćenje radnih vremena i eliminacija grešaka, kao osnovne značajke Lean pristupa, nisu jednokratno postignuće odnosno nakon prvoga poboljšanja nužno je nastaviti s poboljšavanjem sustava.

U ovom radu navedene su i objašnjene osnovne značajke procesnoga pristupa organizaciji, kao osnova za promatranje organizacije i kroz Lean pristup. Uz objašnjenje osnovnih principa Lean pristupa objašnjeni su neki od najbitnijih alata koji se koriste u ovakvom pristupu proizvodnji.

Kao primjer implementacije Lean alata uzeto je poduzeće Lukar d.o.o., te osnovna ideja zapravo ove implementacije bila je ta da čak i u maloj organizaciji, od tri radnika na jednom stroju, moguće je postići poboljšanja korištenjem Lean alata, ali naravno sve uz prilagodbu prema razini veličine organizacije.

Ono što je najbitnije istaknuti kod Lean pristupa je kontinuirano unapređivanje i fleksibilnost u proizvodnji. Svako poduzeće koje prestane u jednom trenutku ulagati u nove tehnologije, sustave te primjenjivati nove principe osuđeno je na propast, jer biti statičan u odnosu na dinamično tržište neodrživ je način proizvodnje.

LITERATURA

- [1] Ljubica Milanović, *UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA I ZNANJEM PRIMJENOM INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE U HRVATSKIM PODUZEĆIMA*, Specijalistički poslijediplomski rad, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu 2009
- [2] Vesna Bosilj Vukšić, Tomislav Hernaus, Andrej Kovačić, *Upravljanje poslovnim procesima ORGANIZACIJSKI I INFORMACIJSKI PRISTUP*, Školska knjiga, Zagreb, 2008
- [3] Grupa autora, Inženjerski priručnik IP4, proizvodno strojarstvo, Školska knjiga, Zagreb, 1998
- [4] <http://integrativeimprovementsystem.com/2011/09/07/3-wastes-mura-muri-muda/>
- [5] <http://www.logisticshelp.com/About/Tools-&-Technology/Lean-supply-chain.html>
- [6] Materijali s predavanja: „Osnove menadžmenta“, prof. Dr. Sc. Nedeljko Štefanić
- [7] <http://www.cardiff.ac.uk/lean/principles/>
- [8] http://www.mindtools.com/pages/article/newSTR_78.htm
- [9] <http://leankit.com/kanban/what-is-kanban/>
- [10] <http://www.leanproduction.com/smed.html>
- [11] <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html>
- [12] <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/fives.htm>
- [13] <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/kaizen.htm>
- [14] <http://lean-timer.com/lean-manufacturing-andon/>
- [15] <http://routeco.blogspot.com/2012/04/new-red-lion-productivity-station.html>
- [16] <http://gitachud.hubpages.com/hub/Poka-Yokemistakeproofing>
- [17] <http://courses.washington.edu/ie337/Value Stream Mapping.pdf>
- [18] http://www.gembapantarei.com/2008/02/101_kaizen_templates_changeover_analysis.html
- [19] http://sitemaker.umich.edu/fm_gmeig_practice-management_s5/introduction_to_5s

[20] <http://flylib.com/books/en/4.521.1.26/1/>

[21] http://www.pqri.org/pdfs/MTC/FMEA_Training_Guide.pdf